

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-44970

(P2001-44970A)

(43)公開日 平成13年2月16日(2001.2.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

データベース\*(参考)

H04J 14/00

H04B 9/00

E 5K002

14/02

K

H04B 10/08

S

10/14

10/06

審査請求 有 請求項の数 9 OL (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-211634

(22)出願日 平成11年7月27日(1999.7.27)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 佐藤 吉朗

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

Fターム(参考) 5K002 AA06 BA05 CA10 CA13 DA02

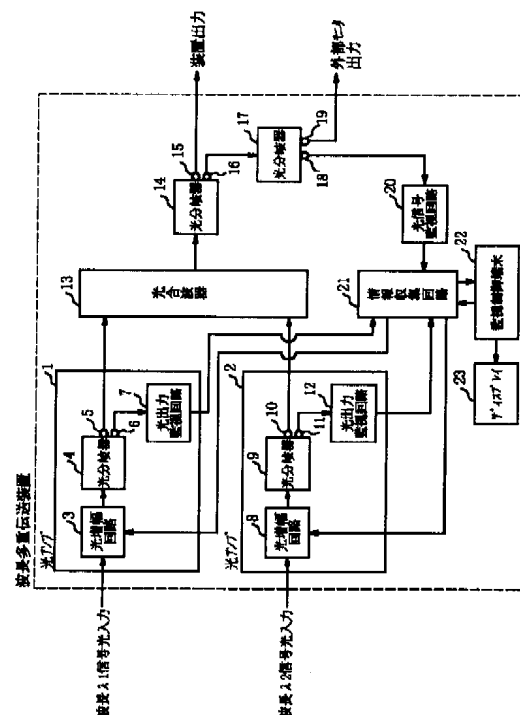
EA06 FA01

## (54)【発明の名称】 波長多重伝送装置

## (57)【要約】

【課題】波長多重伝送装置における波長毎の出力レベルを回線がインサービス時にも監視でき、作業者が光アンプの出力レベルを個々に手作業で調整することなく、出力レベルを任意に設定し、これに自動制御できるようにする。

【解決手段】異なる波長の信号光を波長多重技術により波長多重して出力する波長多重伝送装置において、波長多重前に各信号光を個別に増幅する光アンプを設け、この出力レベルと波長多重後の各波長と波長毎の出力レベルを測定・監視し、波長多重後の波長毎の出力レベル設定目標値に対して各光アンプの出力レベルを目標値に自動制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、波長多重前に各信号光を個別に増幅する光アンプの出力レベルと波長多重後の各波長と波長毎の出力レベルを検出並びに監視し、波長多重後の波長毎の出力レベルがそれぞれに設定した目標値に収斂するように各光アンプの出力レベルを自動制御することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 2】 異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、波長多重前に各信号光を個別に増幅する光アンプの出力レベルと波長多重後の各波長と波長毎の出力レベルと波長多重後の光信号を増幅する光アンプの出力レベルを検出並びに監視し、波長多重後の波長毎の出力レベルと波長多重後の全光出力レベルとがそれぞれに設定した目標値に収斂するように各光アンプの出力レベルを自動制御することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 3】 異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、任意の波長の信号光をそれぞれの所定の出力レベルに増幅する複数の光アンプと、複数の光アンプで増幅されたそれぞれの信号光を波長多重する光合波器と、光合波器出力の一部を分岐し大部分を装置出力する第一の光分岐器と、第一の光分岐器の分岐された一部の分岐光の更に一部を外部モニタ出力として取り出す第二の光分岐器と、第二の光分岐器によって分岐された外部モニタ出力とは別なる光信号から前記装置出力における波長と波長毎の出力レベルを測定する光信号監視回路と、前記複数の光アンプの各出力レベルの測定情報と前記光信号監視回路からの各波長情報と装置出力における波長毎の出力レベルの測定情報を収集する情報収集回路と、情報収集回路の収集する情報をディスプレイに表示し装置出力における各波長の出力レベル目標値を設定する監視制御端末を備え、前記情報収集回路は前記光信号監視回路からの波長毎の出力レベルの測定値と前記監視制御端末からの各波長の出力レベルの目標値との間の差分を埋めるように、前記各光アンプの出力レベルを可変する制御信号をそれぞれの光アンプに発して各光アンプの出力を可変することによって、前記装置出力における各波長の出力レベルを前記目標値に自動制御することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 4】 異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、任意の波長の信号光をそれぞれの所定の出力レベルに増幅する複数の第一の光アンプと、複数の第一の光アンプで増幅されたそれぞれの信号光を波長多重する光合波器と、光合波器出力の全波長の信号光を一括して増幅する第二の光アンプと、第二の光アンプの出力の一部を分岐し大部分を装置出力する第一の光分岐器と、第一の光分岐器の分岐された一部の分岐光の更に一部を外部モニタ出力として取り出す第二の光分岐器と、第二の光分岐器によって分岐された外

部モニタ出力とは別なる光信号から前記装置出力における波長と波長毎の出力レベルを測定する光信号監視回路と、前記複数の第一の光アンプと前記第二の光アンプの各出力レベルの測定情報と前記光信号監視回路からの各波長情報と装置出力における波長毎の出力レベルの測定情報を収集する情報収集回路と、情報収集回路の収集する情報をディスプレイに表示し装置出力における各波長の出力レベル目標値と全波長を合わせた全出力レベル目標値とを設定する監視制御端末を備え、前記情報収集回路は前記光信号監視回路からの波長毎の出力レベルの測定値と前記監視制御端末からの各波長の出力レベルの目標値との間の差分を埋めるように、前記第一の各光アンプの出力レベルを可変する制御信号をそれぞれの光アンプに発して各光アンプの出力を可変し、前記光信号監視回路からの前記全波長を合わせた全出力レベルの測定値と前記監視制御端末からの前記全波長を合わせた全出力レベルの目標値との間の差分を埋めるように、前記第二の光アンプの出力レベルを可変する制御信号を前記第二の光アンプに発して前記第二光アンプの出力を可変することによって、前記装置出力における各波長の出力レベルと全波長を合わせた全出力レベルとをそれぞれの前記目標値に自動制御することを特徴とする波長多重伝送装置。

【請求項 5】 前記請求項 3 および 4 において、前記光アンプは、光増幅回路、光分岐器、光出力監視回路を備え、前記光増幅回路は、入力する波長の信号光を前記情報収集回路からの制御情報により所定の出力レベルに増幅し、光分岐器は、光アンプ出力とモニタ出力に出力を分岐し、光出力監視回路は、前記モニタ出力の出力レベルを測定し、光アンプ出力の出力レベルに換算して前記情報収集回路に出力することを特徴とする前記請求項 3 および 4 記載の波長多重伝送装置。

【請求項 6】 前記請求項 5 において、前記光増幅回路は、励起 LD 制御回路と励起 LD と光合波器と希土類添加ファイバと光アイソレータと光フィルタを備え、励起 LD 制御回路は、前記情報収集回路からの出力レベル制御情報により励起 LD の駆動電流を制御し、励起 LD は、駆動電流に応じた励起光を出力し、光合波器は、光増幅回路が増幅する信号光と励起 LD が出力する励起光を合波し希土類添加ファイバに出力し、希土類添加ファイバは、励起 LD から光合波器を経た励起光によって光合波器を経た信号光を増幅して出力し、光アイソレータは、信号光を透過し該信号光の反射光が希土類添加ファイバに再入射するのを防止し、光フィルタは、光アイソレータを透過した信号光のみを出力することを特徴とする前記請求項 5 記載の波長多重伝送装置。

【請求項 7】 前記請求項 5 において、前記光増幅回路は、励起 LD 制御回路と励起 LD と光合波器と希土類添加ファイバと光アイソレータと光フィルタと可変光アッテネータと可変光アッテネータ制御回路を備え、励起 L

## 3

D制御回路は、励起LDの駆動電流を制御し、励起LDは、駆動電流に応じた励起光を出力し、光合波器は、光増幅回路が増幅する信号光と励起LDが出力する励起光を合波し希土類添加ファイバに出力し、希土類添加ファイバは、励起LDから光合波器を経た励起光によって光合波器を経た信号光を増幅して出力し、光アイソレータは、信号光を透過し該信号光の反射光が希土類添加ファイバに再入射するのを防止し、光フィルタは、光アイソレータを透過した信号光のみを可変光アッテネータに出力し、可変光アッテネータ制御回路は、前記情報収集回路からの出力レベル制御情報により可変光アッテネータを出力する信号光出力を制御することを特徴とする前記請求項5記載の波長多重伝送装置。

【請求項8】 前記請求項3および4において、前記光信号監視回路は、入力した信号光を光分波器によって分波し、各分波された光波成分はO/E変換回路によって電気信号に変換され、電気信号に変換された各波長の信号から信号処理回路によって波長情報と各波長における光出力レベルの前記装置出力に換算したレベルの情報を出力することを特徴とする前記請求項3および4記載の波長多重伝送装置。

【請求項9】 前記請求項3および4において、前記光信号監視回路は、入力した信号光を、可動ミラーを使った干渉計型分光器によって干渉させ、干渉光強度を受光器で受けて電気信号に変換するO/E変換回路によって変換し、変換された干渉光強度を信号光が持っている元の光スペクトルに逆フーリエ変換して光出力レベルの信号に変換し、かつこの光出力レベルを前記装置出力に換算し、合わせて可動ミラーの走査信号から波長情報に変換するA/D信号処理回路によって、波長情報と各波長における光出力レベルの前記装置出力に換算した光レベルの情報を出力することを特徴とする前記請求項3および4記載の波長多重伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ増幅器を使った波長多重伝送装置、とくに多重化する光信号のレベルを自動制御する機能を具備した波長多重伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の波長多重伝送装置に関し図7を参照して説明する。

【0003】図7において、光アンプ33は光増幅回路35、光分岐器36、光出力監視回路39から構成される出力一定制御方式光アンプである。光増幅回路35は、光アンプ33に入力する波長 $\lambda_1$ の信号光を所定の出力レベルに増幅し、また、光出力監視回路39からの制御により光アンプ33の出力レベルを一定に制御する。光分岐器36は、光アンプ出力37とモニタ出力38に出力を分岐する。光出力監視回路39は、モニタ出

(3)

特開2001-44970

4

力38の出力レベルを測定し、光アンプ33の出力レベルが一定となるように、光増幅回路35に制御を与える。

【0004】光アンプ34は光アンプ33と同様、光増幅回路40、光分岐器41、光出力監視回路44から構成される出力一定制御方式光アンプである。光増幅回路40は、光アンプ34に入力する波長 $\lambda_2$ の信号光を所定の出力レベルに増幅し、また、光出力監視回路44からの制御により光アンプ34の出力レベルを一定に制御する。光分岐器41は、光アンプ出力42とモニタ出力43に出力を分岐する。光出力監視回路44は、モニタ出力43の出力レベルを測定し、光アンプ34の出力レベルが一定となるように、光増幅回路40に制御を与える。

【0005】光合波器45は、光アンプ33からの波長 $\lambda_1$ の信号光と光アンプ34からの波長 $\lambda_2$ の信号光を波長多重する。光分岐器46は、装置出力47とモニタ出力48に出力を分岐する。

【0006】従来の波長多重伝送装置における光出力の制御は、波長毎の出力制御に関しては、光分岐器36又は41、光出力監視回路39又は44、光増幅回路35又は40の作る制御ループによって行われている。また、波長間相互の出力の調整については、外部モニタ出力48に測定器を接続して作業者が監視し、各波長の光アンプが備えているそれぞれの光出力監視回路39又は44の基準値を調整することで行われる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の波長多重伝送装置においては、次のような課題がある。

【0008】第1の課題は、光アンプの出力レベルを任意に自動制御する手段を有していないため、波長多重伝送装置における波長毎の出力レベルを調整するためには、作業者が光アンプの出力レベルを個々に手作業で調整しなければならない。

【0009】第2の課題は、光アンプの出力レベル、および装置出力における各波長と波長毎の出力レベルを確認する手段が装置内部にないため、外部の測定器と接続してから確認しなければならない。また、回線がインサービス時には、装置出力47を切断することが出来ないため、モニタ端子に外部の測定器を接続して作業者が測定値に補正を加えて行わなければならない、間接的であって正確な測定値を確認することができない。

【0010】波長多重伝送装置内部に、これら光アンプ出力レベルを任意に自動制御する手段と多重伝送装置の装置出力を自動的に監視し、波長毎の出力レベルを任意に自動制御する手段を備えていることが望ましい。

【0011】本発明の目的は上記の状況に鑑み、光アンプの出力レベル、および装置出力における各波長と波長毎の出力レベルを測定・監視し、装置出力における波長毎の出力レベルを任意に自動制御することができる波長

## 5

多重伝送装置を提供することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の請求項1に関する発明の波長多重伝送装置は、異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、波長多重前に各信号光を個別に増幅する光アンプの出力レベルと波長多重後の各波長と波長毎の出力レベルを検出並びに監視し、波長多重後の波長毎の出力レベルがそれぞれに設定した目標値に収斂するように各光アンプの出力レベルを自動制御することを特徴とする。また、本発明の請求項2に関する発明の波長多重伝送装置は、異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、波長多重前に各信号光を個別に増幅する光アンプの出力レベルと波長多重後の各波長と波長毎の出力レベルと波長多重後の光信号を増幅する光アンプの出力レベルを検出並びに監視し、波長多重後の波長毎の出力レベルと波長多重後の全光出力レベルとがそれぞれに設定した目標値に収斂するように各光アンプの出力レベルを自動制御することを特徴とする。また、本発明の請求項3に関する発明の波長多重伝送装置は、異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、任意の波長の信号光をそれぞれの所定の出力レベルに増幅する複数の光アンプと、複数の光アンプで増幅されたそれぞれの信号光を波長多重する光合波器と、光合波器出力の一部を分岐し大部分を装置出力する第一の光分岐器と、第一の光分岐器の分岐された一部の分岐光の更に一部を外部モニタ出力として取り出す第二の光分岐器と、第二の光分岐器によって分岐された外部モニタ出力とは別なる光信号から前記装置出力における波長と波長毎の出力レベルを測定する光信号監視回路と、前記複数の光アンプの各出力レベルの測定情報と前記光信号監視回路からの各波長情報と装置出力における波長毎の出力レベルの測定情報を収集する情報収集回路と、情報収集回路の収集する情報をディスプレイに表示し装置出力における各波長の出力レベル目標値を設定する監視制御端末を備え、前記情報収集回路は前記光信号監視回路からの波長毎の出力レベルの測定値と前記監視制御端末からの各波長の出力レベルの目標値との間の差分を埋めるように、前記各光アンプの出力レベルを可変する制御信号をそれぞれの光アンプに発して各光アンプの出力を可変することによって、前記装置出力における各波長の出力レベルを前記目標値に自動制御することを特徴とする。また、本発明の請求項4に関する発明の波長多重伝送装置は、異なる波長の信号光を波長多重して出力する波長多重伝送装置において、任意の波長の信号光をそれぞれの所定の出力レベルに増幅する複数の第一の光アンプと、複数の第一の光アンプで増幅されたそれぞれの信号光を波長多重する光合波器と、光合波器出力の全波長の信号光を一括して増幅する第二の光アンプと、第二の光アンプの出力の一部を

## (4)

特開2001-44970

## 6

分岐し大部分を装置出力する第一の光分岐器と、第一の光分岐器の分岐された一部の分岐光の更に一部を外部モニタ出力として取り出す第二の光分岐器と、第二の光分岐器によって分岐された外部モニタ出力とは別なる光信号から前記装置出力における波長と波長毎の出力レベルを測定する光信号監視回路と、前記複数の第一の光アンプと前記第二の光アンプの各出力レベルの測定情報と前記光信号監視回路からの各波長情報と装置出力における波長毎の出力レベルの測定情報を収集する情報収集回路と、情報収集回路の収集する情報をディスプレイに表示し装置出力における各波長の出力レベル目標値と全波長を合わせた全出力レベル目標値とを設定する監視制御端末を備え、前記情報収集回路は前記光信号監視回路からの波長毎の出力レベルの測定値と前記監視制御端末からの各波長の出力レベルの目標値との間の差分を埋めるように、前記第一の各光アンプの出力レベルを可変する制御信号をそれぞれの光アンプに発して各光アンプの出力を可変し、前記光信号監視回路からの前記全波長を合わせた全出力レベルの測定値と前記監視制御端末からの前記全波長を合わせた全出力レベルの目標値との間の差分を埋めるように、前記第二の光アンプの出力レベルを可変する制御信号を前記第二の光アンプに発して前記第二光アンプの出力を可変することによって、前記装置出力における各波長の出力レベルと全波長を合わせた全出力レベルとをそれぞれの前記目標値に自動制御することを特徴とする。また、本発明の請求項5に関する発明の波長多重伝送装置は、前記請求項3および4に関する発明において、前記光アンプは、光増幅回路、光分岐器、光出力監視回路を備え、前記光増幅回路は、入力する波長の信号光を前記情報収集回路からの制御情報により所定の出力レベルに増幅し、光分岐器は、光アンプ出力とモニタ出力に出力を分岐し、光出力監視回路は、前記モニタ出力の出力レベルを測定し、光アンプ出力の出力レベルに換算して前記情報収集回路に出力することを特徴とする。また、本発明の請求項6に関する発明の波長多重伝送装置は、前記請求項5に関する発明において、前記光増幅回路は、励起LD制御回路と励起LDと光合波器と希土類添加ファイバと光アイソレータと光フィルタを備え、励起LD制御回路は、前記情報収集回路からの出力レベル制御情報により励起LDの駆動電流を制御し、励起LDは、駆動電流に応じた励起光を出力し、光合波器は、光増幅回路が増幅する信号光と励起LDが出力する励起光を合波し希土類添加ファイバに出力し、希土類添加ファイバは、励起LDから光合波器を経た励起光によって光合波器を経た信号光を増幅して出力し、光アイソレータは、信号光を透過し該信号光の反射光が希土類添加ファイバに再入射するのを防止し、光フィルタは、光アイソレータを透過した信号光のみを出力することを特徴とする。また、本発明の請求項7に関する発明の波長多重伝送装置は、前記請求項5に関する発明におい

て、前記光増幅回路は、励起LD制御回路と励起LDと光合波器と希土類添加ファイバと光アイソレータと光フィルタと可変光アッテネータと可変光アッテネータ制御回路を備え、励起LD制御回路は、励起LDの駆動電流を制御し、励起LDは、駆動電流に応じた励起光を出力し、光合波器は、光増幅回路が増幅する信号光と励起LDが出力する励起光を合波し希土類添加ファイバに出力し、希土類添加ファイバは、励起LDから光合波器を経た励起光によって光合波器を経た信号光を増幅して出力し、光アイソレータは、信号光を透過し該信号光の反射光が希土類添加ファイバに再入射するのを防止し、光フィルタは、光アイソレータを透過した信号光のみを可変光アッテネータに出力し、可変光アッテネータ制御回路は、前記情報収集回路からの出力レベル制御情報により可変光アッテネータを出力する信号光出力を制御することを特徴とする。また、本発明の請求項8に関する発明の波長多重伝送装置は、前記請求項3および4に関する発明において、前記光信号監視回路は、入力した信号光を光分岐器によって分波し、各分波された光波成分はO/E変換回路によって電気信号に変換され、電気信号に変換された各波長の信号から信号処理回路によって波長情報と各波長における光出力レベルの前記装置出力に換算した光レベルの情報を出力することを特徴とする。また、本発明の請求項9に関する発明の波長多重伝送装置は、前記請求項3および4に関する発明において、前記光信号監視回路は、入力した信号光を、可動ミラーを使った干渉計型分光器によって干渉させ、干渉光強度を受光器で受けて電気信号に変換するO/E変換回路によって変換し、変換された干渉光強度を信号光が持っている元の光スペクトルに逆フーリエ変換して光出力レベルの信号に変換し、かつこの光出力レベルを前記装置出力に換算し、合わせて可動ミラーの走査信号から波長情報に変換するA/D信号処理回路によって、波長情報と各波長における光出力レベルの前記装置出力に換算したレベルの情報を出力することを特徴とする。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0014】図1は本発明の第一の実施の形態の波長多重伝送装置を示す。2波長を多重する場合の実施の形態である本波長多重伝送装置は、波長 $\lambda_1$ の信号光を所定の出力レベルに増幅する光アンプ1と、波長 $\lambda_2$ の信号光を所定の出力レベルに増幅する光アンプ2と、光アンプ1と光アンプ2で増幅されたそれぞれの信号光を波長多重する光合波器13と、光合波器出力の一部を分岐し大部分を装置出力する光分岐器14と、光分岐器14の分岐光の一部を外部モニタ出力として取り出す光分岐器17と、光分岐器17から分岐された光信号から装置出力における波長と波長毎の出力レベルを測定する光信号監視回路20と、光アンプ1および光アンプ2の出力レ

ベル測定情報と光信号監視回路20からの装置出力における各波長と波長毎の出力レベル測定情報を収集する情報収集回路21と、これらの情報をディスプレイ23に測定結果を数値やグラフなどで画面表示し、また、装置出力における波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の出力レベル目標値を設定する監視制御端末22とで構成され、情報収集回路21は光信号監視回路20からの測定値と監視制御端末22からの目標値との間の差分を埋めるように、光アンプ1と光アンプ2の出力レベルを可変する制御信号をそれぞれに発し、これに基づいて光アンプ1と光アンプ2は出力を可変することによって、装置出力における各波長の出力レベルは目標値に自動制御される。

【0015】光アンプ1は、光増幅回路3、光分岐器4、光出力監視回路7から構成される出力一定制御方式光アンプである。光増幅回路3は、光アンプ1に入力する波長 $\lambda_1$ の信号光を所定の出力レベルに増幅し、また、情報収集回路21からの制御情報により光アンプ1の出力レベルを可変する。光分岐器4は、光アンプ出力5とモニタ出力6に出力を分岐する。光出力監視回路7は、モニタ出力6の出力レベルを測定し、光アンプ出力5の出力レベルに換算する。

【0016】光アンプ2も光アンプ1と同様、光増幅回路8、光分岐器9、光出力監視回路12から構成される出力一定制御方式光アンプである。光増幅回路8は、光アンプ2に入力する波長 $\lambda_2$ の信号光を所定の出力レベルに増幅し、また、情報収集回路21からの制御情報により光アンプ2の出力レベルを可変する。光分岐器9は、光アンプ出力10とモニタ出力11に出力を分岐する。光出力監視回路12は、モニタ出力11の出力レベルを測定し、光アンプ出力10の出力レベルに換算する。

【0017】光合波器13は、光アンプ1からの信号光と光アンプ2からの信号光を波長多重する。光分岐器14は、装置出力15とモニタ出力16に出力を分岐する。光分岐器17は、モニタ出力18と外部モニタ出力19に出力を分岐する。

【0018】光信号監視回路20は、光分岐器17の装置内モニタ出力18の光スペクトル特性から各波長と波長毎の出力レベルを測定し、装置出力15の波長毎の出力レベルに換算して情報収集回路21に出力する。

【0019】情報収集回路21は、光アンプ1の出力レベル測定情報、光アンプ2の出力レベル測定情報、そして光信号監視回路20からの装置出力15における各波長と波長毎の出力レベル測定情報を収集し、また、監視制御端末22からの制御情報を光アンプ1、光アンプ2に通知する。

【0020】監視制御端末22は、各測定情報を基にディスプレイ23に測定結果を数値、グラフなどで画面表示し、また、装置出力15における波長毎の出力レベル目標値を設定して、情報収集回路21に通知する。

【0021】次に第一の本発明の実施形態である図1の波長多重伝送装置の動作について図1を参照して説明する。監視制御端末22によって装置出力15における波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の出力レベル目標値を設定し、これを目標値A、Bとする。ここでは、目標値A、Bを一律0 dBmに設定する。今、波長 $\lambda 1$ の信号光が光アンプ1へ、波長 $\lambda 2$ の信号光が光アンプ2へそれぞれ入力し、制御を受けていない初期設定された出力レベルで出力している。ここでは、初期設定時の光アンプの出力レベルを一律+10 dBmとする。光アンプ1および光アンプ2は同構成なので、以下は光アンプ1の場合について記載する。光分岐器4の光アンプ出力5に対する挿入損失を1 dB、モニタ出力6側への挿入損失を1 dBとしたとき、モニタ出力6の出力レベルは0 dBmとなる。光アンプ出力5側とモニタ出力6側の挿入損失差分10 dBを光出力監視回路7で補正し、光アンプ1の出力レベルが+10 dBmであるという情報を持つ測定情報Cが情報収集回路21に通知される。光アンプ2からも同様な測定情報Dが情報収集回路21に通知される。光アンプ1および光アンプ2の出力は、光合波器13によって波長多重され、分岐器14で装置出力15とモニタ出力16に分岐される。光合波器13の各経路挿入損失を5 dB、光分岐器14の装置出力15側挿入損失を1 dB、モニタ出力16側挿入損失を1 dB、光分岐器17のモニタ出力18側挿入損失を3 dB、外部モニタ出力19側挿入損失を3 dBとしたとき、モニタ出力18の各波長出力レベルは、-9 dBmとなる。装置出力15側とモニタ出力18側の挿入損失差分13 dBを光信号監視回路20で補正し、装置出力15における波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の出力レベルが+4 dBmであるという情報を持つ測定情報E、Fが光信号監視回路20から情報収集回路21へ通知される。情報収集回路21は、光アンプ1の測定情報Cおよび光アンプ2の測定情報D、光信号監視回路20からの測定情報E、Fを監視制御端末22に通知する。監視制御端末22は、ディスプレイ23への表示処理を行い、ディスプレイ23は、光アンプ1、光アンプ2の出力レベル測定値（測定値G、測定値Hとする）、装置出力15における波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の波長測定値と出力レベル（測定値J、Kとする）、装置出力15における波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の出力レベル目標値（目標値A、B）を数値やグラフで表示する。ここで、測定値J、K（+4 dBm）と目標値A、B（0 dBm）に4 dBの差があることが確認されるため、監視制御端末22からは光アンプ1、光アンプ2の出力レベルを4 dB減衰させる情報を持つ制御情報L、Mを情報収集回路21に通知し、情報収集回路21では制御情報Lを光アンプ1へ、制御情報Mを光アンプ2に通知する。この制御情報は、光アンプ1および光アンプ2から制御が完了したとの情報を持つ監視情報N、Pが情報収集回路21に通知されない限り有効である。光増幅回路3は制御情報

Lを受け、出力レベルを+10 dBmから+6 dBmに連続可変する。制御完了後、光出力監視回路7から情報収集回路21に監視情報Nを通知する。同様に制御完了後、光アンプ2からも監視情報Pを通知する。各信号光は、光アンプ出力制御の間も前記と同様、光信号監視回路20で装置出力15の波長毎の出力レベルを測定しており、情報収集回路21で監視情報N、Pを受信した後の測定値Q、Rと目標値A、Bの比較を再度行う。このとき、目標値-0.2 dB<測定値<目標値+0.2 dBの範囲内であれば、出力レベル設定完了と判断する。範囲外の場合は、上記を繰り返し実行する。

【0022】本実施例の動作は各波長一律な目標値の設定の場合を説明したが、目標値は各波長毎に異なる値を設定でき、それに伴う各光アンプの出力レベルも異なる出力値で制御される。

【0023】また、本発明の第一の実施形態の波長多重伝送装置では、2波長多重の場合について記載しているが、多重する波長数に制限はなく、波長数に応じた構成とすればよい。

【0024】次に、本発明の第二の実施形態の波長多重伝送装置の構成を図2に示す。その基本的構成は上記の第一の実施形態と同様であるが、光多重後の出力レベル制御についてさらに工夫している。図2において、光合波器13と光分岐器14の間に、波長毎の出力レベルが変化しても他波長の出力レベルに影響を与えないような光アンプ100を追加する。

【0025】光アンプ100の構成は前述の光アンプ1や光アンプ2の構成と同一である。光アンプ100は情報収集回路21に光アンプ100の出力レベル測定情報を通知し、また情報収集回路21から出力レベル制御情報を受けて、増幅特性を制御し、多重化された光信号を一括して増幅した総合的な装置出力を制御する。監視制御端末22から装置出力15の総合出力レベル目標値を設定することで、目標値と測定値の差分を埋めるように光アンプ100の出力レベルを可変して目標値に自動制御する。

【0026】光信号監視回路20では、光分岐器17の装置内モニタ出力18の光スペクトル特性から各波長と波長毎の出力レベルを測定し、装置出力15の波長毎の出力レベルに換算して情報収集回路21に出力する。

【0027】情報収集回路21は、光アンプ1の出力レベル測定情報、光アンプ2の出力レベル測定情報、また、光アンプ100から出力レベル測定情報を受ける。そして光信号監視回路20からの波長情報と装置出力15における波長毎の出力レベル測定情報を収集し、監視制御端末22からの制御情報を光アンプ1、光アンプ2に通知する。また光アンプ100に出力レベル制御情報を通知することで、光アンプ100の出力増幅特性を制御し、総合的な装置出力を制御する。

【0028】光アンプは一般に波長特性を有しているた

め、光アンプ100を改めて設けることは、装置出力に余計な波長特性を付加することになるが、本実施の形態の波長多重伝送装置では、光信号監視回路20が、光分岐器17の装置内モニタ出力18の光スペクトル特性から各波長と波長毎の出力レベルを測定し、光アンプ1、光アンプ2の増幅特性を制御しており、光アンプ100も制御ループの中に含まれて構成されているため、装置出力15における波長間の相対レベルは、光アンプ100の波長特性を含めて任意に自動制御される。

【0029】このように、本実施例では、多重化された信号光を一括増幅する光アンプ100を設けているため、図1の構成と比較して各波長毎の装置出力レベルを更に増加することができるという効果が得られる。また、光アンプ100の出力レベルを監視・制御しているため、装置出力15の総合出力レベルを任意に自動制御することができるという効果が得られる。

【0030】次に、本発明の第一および第二の実施形態の構成要素である、光アンプ1及び光アンプ2を構成する光増幅回路3または光増幅回路8の詳細な構成を図3に示す。光増幅回路3および光増幅回路8は同一構成のため、以下は光増幅器3を例に取り説明する。図3において、励起LD制御回路24は、情報収集回路21からの出力レベル制御情報により励起LD25の駆動電流を制御する。励起LD25は、駆動電流に応じた励起光を出力する。光合波器26は、波長 $\lambda_1$ の信号光と信号光とは波長の異なる励起光を合波し出力する。希土類添加ファイバ27は、励起LD25から光合波器26を経た励起光を吸収することによって励起状態となり、光合波器26を経た信号光が通過すると誘導放出により信号光を増幅して出力する。光アイソレータ28は、この出力光が反射し希土類添加ファイバ27に再入射するのを防止する。光フィルタ29は、励起光及び希土類添加ファイバ27が出力する自然放出光を除去し、信号光のみを通過させるフィルタである。

【0031】また光増幅器3及び8の別なる構成を図4に示す。この場合、励起LD25の駆動電流および希土類添加ファイバの信号光増幅は一定とし、可変光アッテネータ31によって光増幅器出力を制御する方式である。可変光アッテネータ31の光減衰量は、情報収集回路21からの制御情報に基づき、可変光アッテネータ制御回路30によって制御される。

【0032】図3および図4の光増幅器の構成では、希土類添加ファイバの光励起方法は前方励起方式であるが、後方励起方式および双方向励起方式でも可能である。

【0033】次に、本発明の第一および第二の実施形態の構成要素である、光信号監視回路20の実施例の構成を図5に示す。図5において、光分岐器17によって分岐して入力した信号光は、光分波器51によって分波され、各分波された光波成分はO/E変換回路52によ

て電気信号に変換される。電気信号に変換された各波長の信号から信号処理回路53によって波長情報と各波長における光出力レベルの装置出力に換算したレベルの情報が作り出され、情報収集回路21へ送出される。光分波器は例えばアレイ導波路回折格子のような導波型デバイスやファイバブラッグ回折格子と光サーキュレータとで構成されるようなタイプのデバイスなどを用いることができる。

【0034】また、光信号監視回路20の別なる実施例の構成を図6に示す。この構成は、光スペクトルアナライザ等で利用されている方式に類似する。図6において、光分岐器17によって分岐して入力した信号光を、可動ミラーを使ったマイケルソン干渉計型分光器61によって干渉させる。干渉光強度を単一の受光器で受けて電気信号に変換するO/E変換回路62によって変換し、変換された干渉光強度を信号光が持っている元の光スペクトルに逆フーリエ変換して光出力レベルの信号に変換し、合わせて可動ミラーの走査信号から波長情報に変換するA/D信号処理回路63によって、波長情報と各波長における光出力レベルの装置出力に換算した光レベルの情報が作り出され、情報収集回路21へ送出される。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、以下に示すような効果を奏する。

【0036】第1の効果は、光アンプの出力レベル、および装置出力における各波長と波長毎の出力レベルを測定・監視し、装置出力における波長毎の出力レベルを任意に自動制御することができるので、装置調整やメンテナンス上での負担を大きく軽減できる。

【0037】第2の効果は、光アンプの出力レベル、および装置出力における各波長と波長毎の出力レベルを、外部の測定器を使用しないで測定・監視しているため、回線がインサービス状態でも、光アンプの出力レベル、および装置出力における各波長と波長毎の出力レベルを常時確認することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態の波長多重伝送装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の第二の実施形態の波長多重伝送装置の構成を示す図である。

【図3】本発明の第一の実施形態の波長多重伝送装置を構成する光増幅器の実施例を示す図である。

【図4】本発明の第一の実施形態の波長多重伝送装置を構成する光増幅器の別なる実施例を示す図である。

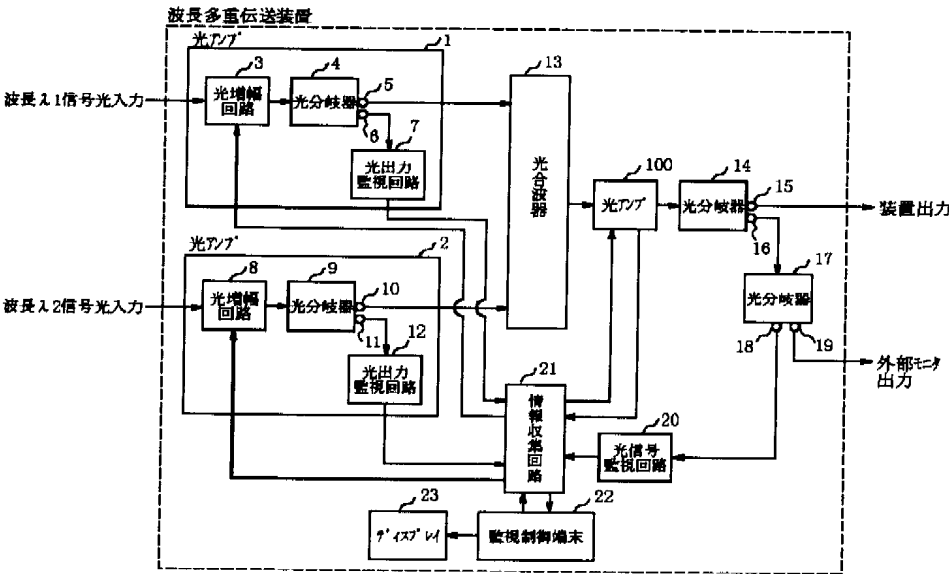
【図5】本発明の第一の実施形態の波長多重伝送装置を構成する光信号監視回路の実施例を示す図である。

【図6】本発明の第一の実施形態の波長多重伝送装置を構成する光信号監視回路の別なる実施例を示す図である。

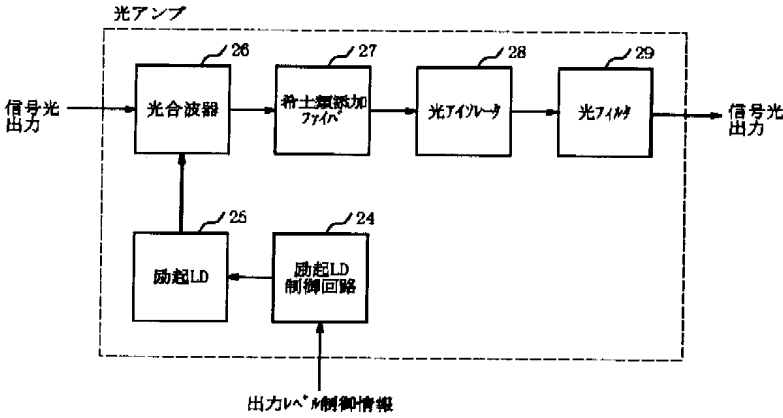




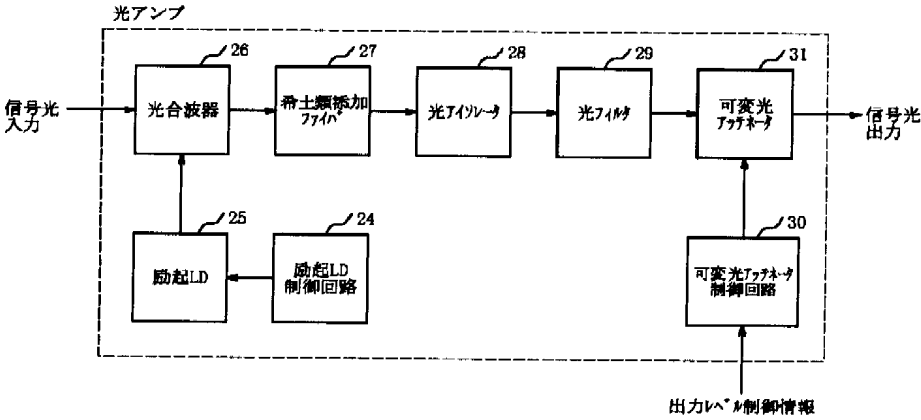
【図 2】



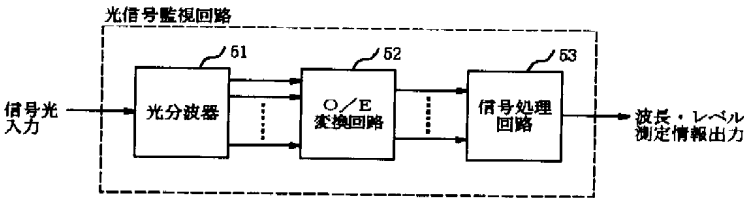
【図 3】



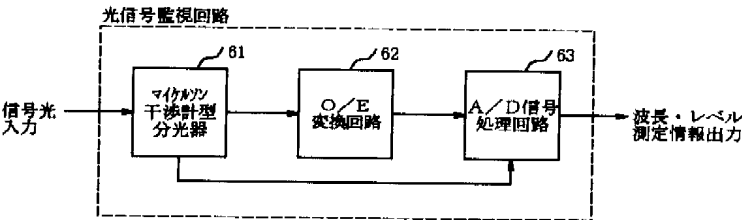
【図 4】



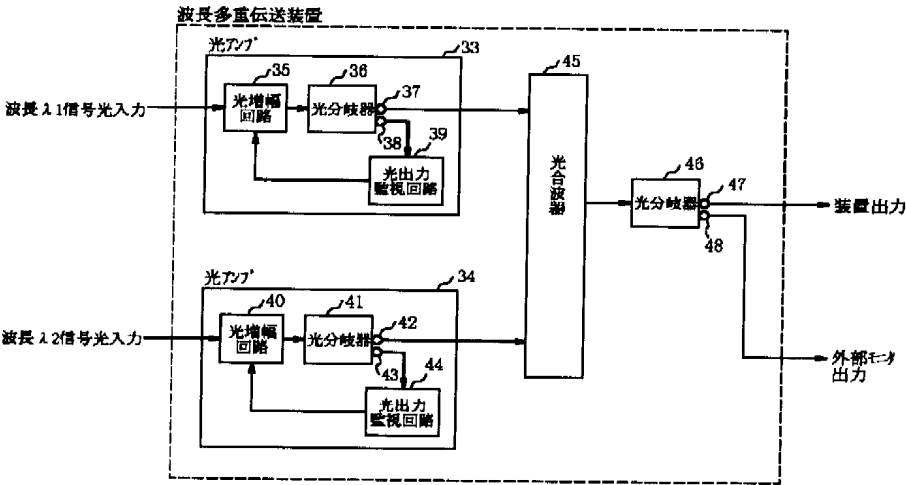
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き